

LIGHT EMITTING DIODE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME**Publication number:** JP2002158373**Publication date:** 2002-05-31**Inventor:** YANG KUANG-NENG; CHIN TAKUHO; CHANG CHIH-SUNG**Applicant:** KOKUREN KODEN KAGI KOFUN YUGEN**Classification:**- international: **H01L33/00; H01L33/00;** (IPC1-7): H01L33/00

- European: H01L33/00G3D

Application number: JP20010107515 20010405**Priority number(s):** TW20000123521 20001107**Also published as:**

US6682950 (B2)



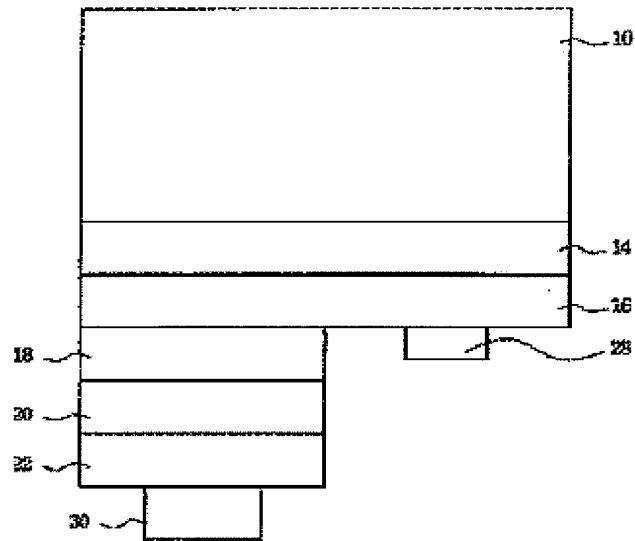
US2002053872 (A1)



DE10118447 (A1)

[Report a data error here](#)**Abstract of JP2002158373**

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain efficient throughput and a low cost by using inexpensive glass as material for a transparent substrate by a simplified method. **SOLUTION:** A layer of transparent adhesive material is used to bond the transparent substrate and an LED epitaxial structure having a light absorbing substrate. The light absorbing substrate is then removed to form an LED having the transparent substrate. By the use of the transparent substrate, the light emitting efficiency of the LED can significantly be improved.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-158373

(P2002-158373A)

(43)公開日 平成14年5月31日 (2002.5.31)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00テ-マ-ト^{*}(参考)
B 5 F 0 4 I

審査請求 有 請求項の数34 OL 外国語出願 (全25頁)

(21)出願番号 特願2001-107515(P2001-107515)
 (22)出願日 平成13年4月5日(2001.4.5)
 (31)優先権主張番号 8 9 1 2 3 5 2 1
 (32)優先日 平成12年11月7日(2000.11.7)
 (33)優先権主張国 台湾(TW)

(71)出願人 598149323
 國聯光電科技股份▲ふん▼有限公司
 台湾新竹市科學工業園區力行路10號9樓
 (72)発明者 楊光能
 台湾雲林縣古坑▲鄉▼棋盤村興東8號
 (72)発明者 陳澤澎
 台湾新竹市竹村七路2-3號6樓
 (72)発明者 張智松
 台湾台北市吉林路393巷5號3樓
 (74)代理人 100094318
 弁理士 山田行一 (外2名)

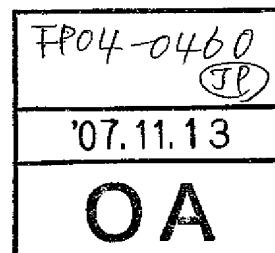
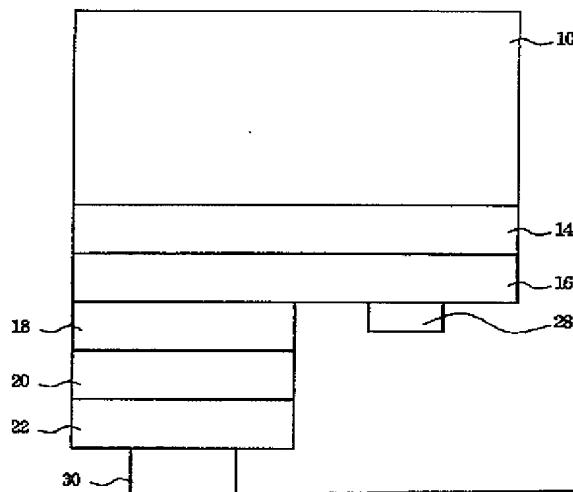
最終頁に続く

(54)【発明の名称】発光ダイオード及び発光ダイオードの製造方法

(57)【要約】

【課題】光出力効率を改善した発光ダイオード及びその製造方法を開示する。

【解決手段】本発明は、透過性接着材料の層を用いて、透過性基板と、光吸収基板を有するLEDエピタキシャル構造体とを接着させる。その後、光吸収基板を取り除き、透過性基板を有するLEDを形成する。透過性基板を用いることによって、LEDの光出力効率を大幅に改善できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光吸收基板上に形成された複数層AlGaInPエピタキシャル構造体を有するLEDエピタキシャル構造体と、
透過性基板と、
透過性基板と複数層AlGaInPエピタキシャル構造体とを接着するための透過性接着材料と、
を備える発光ダイオード。

【請求項 2】 光吸收基板はGaAsである請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 3】 LEDエピタキシャル構造体はAlGaInPホモ構造である請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 4】 LEDエピタキシャル構造体はAlGaInPヘテロ構造である請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 5】 LEDエピタキシャル構造体はAlGaInP二重ヘテロ構造である請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 6】 LEDエピタキシャル構造体はAlGaInP量子井戸である請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 7】 透過性接着材料はSOGである請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 8】 透過性接着材料はポリイミドである請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 9】 透過性接着材料はシリコーンである請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 10】 透過性基板とLEDエピタキシャル構造体とを接着した後に光吸收基板を取り除くステップをさらに備える請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 11】 透過性基板はサファイヤである請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 12】 透過性基板はガラスである請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 13】 透過性基板は、GaP又はGaAsPである請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 14】 透過性基板は、ZnSe、ZnS、又はZnSSeである請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 15】 透過性基板はSiCである請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 16】 透過性基板とLEDエピタキシャル構造体の表面上に形成されたシリコン酸化層をさらに備える請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 17】 50°C～300°Cの温度中で加熱及び押圧ステップを実行する第1の段階と、300°C～700°Cの温度中で加熱及び押圧ステップを実行する第2の段階と、によって透過性基板と複数層AlGaInPエピタキシャル層とが接着されている請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 18】 光吸收基板上に形成された複数層AlGaAsエピタキシャル構造体を有するLEDエピタキシャル構造体を準備するステップと、
透過性基板を準備するステップと、

透過性接着材料を用いて透過性基板と複数層AlGaAsエピタキシャル構造体とを接着するステップと、
を有する発光ダイオードの製造方法。

【請求項 19】 光吸收基板はGaAsである請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 20】 LEDエピタキシャル構造体はAlGaAsホモ構造である請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 21】 LEDエピタキシャル構造体はAlGaAsヘテロ構造である請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 22】 LEDエピタキシャル構造体はAlGaAs二重ヘテロ構造である請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 23】 LEDエピタキシャル構造体はAlGaAs量子井戸である請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 24】 透過性接着材料はスピノンガラス(SOG)である請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 25】 透過性接着材料はポリイミドである請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 26】 透過性接着材料はシリコーンである請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 27】 透過性基板とLEDエピタキシャル構造体とを接着した後に光吸收基板を取り除くステップをさらに備える請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 28】 透過性基板はサファイヤである請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 29】 透過性基板はガラスである請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 30】 透過性基板は、GaP又はGaAsPである請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 31】 透過性基板は、ZnSe、ZnS、又はZnSSeである請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 32】 透過性基板はSiCである請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 33】 透過性基板とLEDエピタキシャル構造体の表面上にシリコン酸化層を形成するステップをさらに備える請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項 34】 透過性基板と複数層AlGaAsエピタキシャル層とを接着するステップは、50°C～300°Cの温度中で加熱及び押圧ステップを実行する第1の段階と、300°C～700°Cの温度中で加熱及び押圧ステップを実行する第2の段階と、によって実行される請求項 18 に記載の発光ダイオードの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、発光ダイオード(LED)チップの構造及び製造方法に関し、特にAlGaInP LEDチップの構造及び製造方法に関する。

【0002】

【発明の背景】従来のAlGaInP LEDは、図4に示されるように二重ヘテロ構造(DH)を有し、これは、n型GaAs基板3上に形成されたAl組成比が70~100%のn型(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P下側クラッド層4、(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P活性層5、Al組成比が70~100%のp型(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P上側クラッド層6、p型の高エネルギーギャップのGaAsP、InGaP、AlGaP、GaP又はAlGaAsの電流拡散層7から構成されている。従来のLED構造の出力波長は、活性層の組成比を調整することによって変えることができ、650nmの赤から555nmの純粋な緑まで作り出すことができる。従来のLEDの一つの欠点は、活性層によって作り出された光がGaAs基板の向かって下側に出力されると、GaAs基板は小さいエネルギーギャップを有するため、GaAs基板によって光が吸収されてしまうことである。従って、LEDの光出力の性能が大幅に減少することとなる。

【0003】基板による光の吸収を回避するためのいくつかの従来のLED技術が開示されている。しかしながら、これらの従来技術は、まだ、いくつかの欠点と制限を有している。例えば、Sugawara等が開示した方法は、これは、Appl. Phys Lett. Vol. 61, 1775-1777(1992)で出版されているが、GaAs基板上に分布プラグ反射(DBR)層を加え、GaAs基板に向かって下側に出力された光を反射し、GaAs基板によって吸収される光を減少させる。しかし、DBR層は、GaAs基板へのノーマル投射付近の光を反射するだけであるので、効率は非常に大きくなかった。

【0004】Kish等は、ウェハ結合透過性基板(TS)(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P/GaP発光ダイオードを開示した[Appl. Phys Lett. Vol. 64, No21, 2839(1994); Very high-efficiency semiconductor wafer-bonded transparent-substrate (Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P/GaP]。このTSAIGaInP LEDは、ハイブリッド気相成長(HVPE)を用いて非常に厚い(約50μm)p型GaP窓層を成長させることによって製造された。結合する前に、n型GaAs基板は化学機械研磨及びエッティング技術を用いて選択的に除去された。その後、露出されたn型(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層は、8-10ミルの厚さのn型GaP基板にウェハ結合される。結果としてのTS AlGaInP LEDは、吸収基板(AS)AlGaInP LEDと比べて、光出力において二重の改善を示した。しかしながら、TS AlGaInP LEDの製造工程は複雑過ぎる。従って、これらのTS AlGaInP LEDを高効率、低成本で製造することは困難である。

【0005】Horng等は、ウェハ融合技術によって製造されたミラー基板(MS)AlGaInP/metal/SiO₂/Si LEDについて報告した[Appl. Phys Lett. Vol. 75, No. 203054(1995)]。

99);ウェハ接着によって製造されたミラー基板を用いたAlGaInP発光ダイオード]。彼等は、AuBe/Auを接着剤として用い、Si基板とLEDエピ層を接着した。しかしながら、これらのMS AlGaInP LEDの光強度は、注入電流が20mAでおよそ90mcdであり、依然としてTS AlGaInP LEDの光強度より40%低い。

【0006】

【発明の概要】上記したように、従来のLEDには多くの不都合があった。従って、本発明は、従来の不都合を解決したLED構造、及びその製造方法を提供する。

【0007】本発明は、発光ダイオードを提供する。発光ダイオード、その発光ダイオードは、光吸収基板上に形成された複数層AlGaInPエピタキシャル構造体を有するLEDエピタキシャル構造体と、透過性基板と、透過性基板と複数層AlGaInPエピタキシャル構造体とを接着するための透過性接着材料の層と、を備える。LEDの活性層は、シングルヘテロ接合(SH)、二重ヘテロ接合(DH)、多次元量子井戸(MQW)、又は、量子井戸へテロ接合(QWH)によって構成されることができる。一方、第1と第2のオーミック接触金属層は、第1と第2の導電型のエピタキシャル層にそれぞれ接続されている。その上、第1と第2のオーミック接触金属層は、両方とも同じ側に位置している。

【0008】本発明は、発光ダイオードの製造方法を提供し、その方法は、光吸収基板上に形成された複数層AlGaInPエピタキシャル構造体を有するLEDエピタキシャル構造体を準備するステップと、透過性基板を準備するステップと、例えば、SOGやシリコーン等の透過性の接着材料を用いて透過性基板と複数層のAlGaInPエピタキシャル構造体を接着するステップとを有する。その後、光吸収基板は取り除かれ、第1導電型のエッティングストップ層が露出され、第1のオーミック接触金属層が例えば形成される。エッティングステップはまた、第2の導電型のエピタキシャル層を露出させ、第2のオーミック接触層を形成する。さらに、第1と第2のオーミック接触金属層は、同じ側に位置している。

【0009】本発明の利点は、単純なLED構造、低温で実行できるLED構造の接着方法を提供し、V族元素の気化の問題を回避することである。さらに、透過性基板を用いることにより、LEDの光出力効率を著しく改善することができる。

【0010】本発明の利点は単純化された方法であり、この方法により低成本のガラスを透過性基板の材料として用いることができる。従って、高効率のスループットと低成本を達成できる。

【0011】

【好適実施形態の詳細な説明】本発明は、LED構造とその製造方法を開示し、以下に詳細に説明する。

【0012】図1を参照すると、本発明に係る発光ダイオードのエピタキシャル構造体は、n型GaAs基板26

と、エッティングストップ層24と、n型 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 下側クラッド層22と、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層20と、p型 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 上側クラッド層18と、p型オーミック接触エピタキシャル層16とから構成されている。

【0013】上記の記述において、p型オーミック接触エピタキシャル層の材料は、AlGaAs、AlGaInP、又はAlAsPでよく、材料のエネルギーギャップが活性層のそれよりも大きく、活性層から発した光が吸収されなければよい。

【0014】さらに、活性層のAl組成はおよそ $0 \leq x \leq 0.45$ 、下側クラッド層のAl組成はおよそ $0.5 \leq x \leq 1$ 、上側クラッド層のAl組成はおよそ $0.5 \leq x \leq 1$ である。もし、 $x=0$ であれば、活性層の組成は $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 、LEDの波長入は635nmである。

【0015】上記の記述において、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ などの化合の割合は好適な例であり、III-V族半導体材料のいかなる割合もまた、本発明に適用することができる。さらに、本発明のAlGaInP活性層20は、SH構造、DH構造、多次元量子井戸(MQW)構造、又は量子井戸ヘテロ構造(QWH)でよい。DH構造は、図1に示されるように、n型 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 下側クラッド層22と、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層20と、p型 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 上側クラッド層18とから構成され、ここで下側クラッド層22、活性層20、上側クラッド層18の好適な厚さは、それぞれ、およそ $0.5 \sim 3.0 \mu\text{m}$ 、 $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 、 $0.5 \sim 3.0 \mu\text{m}$ である。

【0016】本発明のエッティングストップ層24の好適な材料は、いかなるIII-V族化合半導体材料でもよく、GaAs基板26と格子が適合してもしなくてもよい。本発明のエッティングストップ層24の材料のエッティング速度は、GaAs基板26のエッティング速度より非常に小さい。例えば、InGaPやAlGaAsはエッティングストップ層24の良い候補である。さらに、n型AlGaP下側クラッド層のエッティング速度は、GaAs基板のエッティング速度より非常に小さい。従って、異なる組成からなる光エピタキシャル層はエッティングストップ層として用いられるが、下側クラッド層が十分に厚い場合には、光エピタキシャル層は必要ない。

【0017】図2に示すように、構造は、例えばスピンドルガラス(SOG)などの透過性接着層14と、透過性基板(TS)10とを有する。なお、接着層14の材料はSOGに限定されない。ポリイミドやシリコーンなどの似た特性を有するいかなる接着材料もまた、本発明に適用できる。透過性基板は、ガラス、サファイヤウェハ、SiCウェハ、GaPウェハ、GaAsPウェハ、ZnSeウェハ、ZnSウェハ、又はZnSSウェハなどによって構成することができる。材料によって吸収される光が小さくなりさえすれば、これらの材料を透過性基板として選択することができる。本発明の一つの利点は、透過性基板が単結晶ウェハである必要がないことである。透過性基板は、エピタ

キシャル層が破壊しないようにLEDエピタキシャル層を支持するために用いられ、透過性基板に電流は流れない。換言すれば、多結晶やアモルファス結晶を基板として用いることができる。これにより、製造コストが著しく減少する。

【0018】その後、図1のエピタキシャル層構造を図2の透過性基板と一緒に接着する。従来の方法に従って、例えば400°Cの温度の中で圧力と熱により接着を実行する。例えば、堆積、気相成長、又はスパッタリング

10により、LEDエピタキシャルの表面と透過性基板表面とにシリコン酸化膜を形成することができ、LEDエピタキシャル構造体と透過性基板との接着特性を改善することができる。その後、SOG層を被覆し、そして、例えば400°Cの温度と圧力を一定時間適用し、エピタキシャル構造体と透過性基板との間の接着を完成させる。さらに良い接着を提供するために、LEDエピタキシャル構造体とSOG層によって接着された透過性基板とを、例えば50°C~300°Cの低温で熱してSOG層の有機溶媒を取り除くことができ、その後、300°C~700°Cの範囲に温度を高め、LEDエピタキシャル構造体、透過性基板、及びSOG層の接着力を優れたものにすることができる。その後、不透過性のn型GaAs基板を、 $5H_3PO_4:3H_2O_2:3H_2O$ や $1NH_4OH:35H_2O_2$ などのエッティング液によって取り除く。しかしながら、InGaPやAlGaAs等のエッティングストップ層は依然として、活性層から発せられた光を吸収する。従って、エッティングストップ層を取り除き、n型オーミック接触金属層と接触するエッティングストップ層の部分のみを残す必要がある。例えばRIEなどのドライエッティング方法を適用し、n型AlGaInP下側クラッド層、AlGaInP活性層、p型AlGaInP上側クラッド層を部分的に取り除いて、p型オーミック接触エピタキシャル層をさらに露出させる。その後、p型オーミック接触金属層28をp型オーミック接触エピタキシャル層16上に形成する。その後、n型オーミック接触金属層30をn型AlGaInP下側クラッド層22上に形成し、図3に示されるような、p型とn型のオーミック接触金属層が同じ側に形成されたLED構造を形成する。

【0019】本発明のAlGaInP LEDの波長635nmでの光出力パワーは、(注入電流20mAで)4mw以上であり、従来の光吸収基板AlGaInP LEDの光出力パワーより2倍以上大きい。

【0020】本発明は、高輝度のAlGaInP LEDに限定されるものではなく、例えば、赤色や赤外線のAlGaAs LEDなどの他のLED材料にも適している。図5に示されるエピタキシャル構造体は、本発明の第2実施形態の断面図である。AlGaAs赤色LED(650nm)は、n型GaAs基板51、およそ70~80%のAl組成で $0.5 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$ のn型AlGaAs下側クラッド層52、およそ70~80%のAl組成で $0.5 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$ のp型AlGaAs上側クラッド層54が積層された構造を含んでいる。AlGaAs赤色LED構造を、例えばサファイ

ヤなどの透過性基板5 6にシリコーン5 5によって接着する。次に、エピタキシャル構造体をNH₄OH:H₂O₂=1.7:1などのエッティング液によってエッティングし、不透過性のn型GaAs基板を取り除く。その後、ウェットエッティング又はドライエッティングを適用してn型AlGaAs下側クラッド層とAlGaAs活性層とを部分的に取り除き、p型AlGaAs上側クラッド層をさらに露出させる。その後、p型オーム接觸金属層5 7をp型AlGaAs上側クラッド層5 4上に形成する。次に、n型オーム接觸金属層5 8をn型AlGaAs下側クラッド層5 2上に形成し、p型とn型のオーム接觸金属層が同じ側に形成されたLED構造を形成する。

【0021】本発明のAlGaAs LEDの光出力パワーは、従来の吸收基板AlGaAs LEDより2倍以上大きい。本発明のAlGaAs LEDの波長は650nmであるが、これに限定されるものではない。

【0022】このLEDは、透過性基板と、透過性基板の同じ側に形成されたp型とn型のオーム接觸金属層を備えているので、フリップチップパッケージ方法を適用することができ、従来のワイヤボンディング方法はもはや必要ではない。これにより、本発明に係る方法によって形成されたLEDは、より高い信頼性を有する。さらに、透過性基板は光を吸収しないので、LEDの輝度が改善される。さらに、高硬度のサファイヤ、ガラスあるいはSiCなどによって透過性基板を構成することができるので、破壊することなく基板の厚さを100マイクロメートルまで薄くすることができ、厚さが薄くてサイズが小さいLED構造を製造することができる。

【0023】本発明の好適な実施形態を例示して説明したが、本発明の精神及び範囲を逸脱することなく様々な

変形をすることが認められる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好適実施形態に係る発光ダイオードの製造方法の概略を示す断面図である。

【図2】本発明の好適実施形態に係る発光ダイオードの製造方法の概略を示す断面図である。

【図3】本発明の好適実施形態に係る発光ダイオードの製造方法の概略を示す断面図である。

【図4】従来の発光ダイオードの構造の概略を示す断面図である。

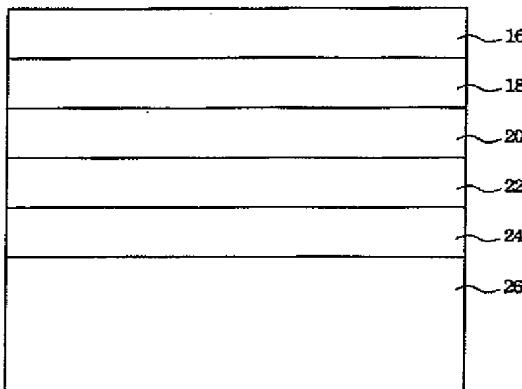
【図5】本発明に係る発光ダイオードの構造の概略を示す断面図である。

【図6】本発明に係る発光ダイオードの構造の概略を示す断面図である。

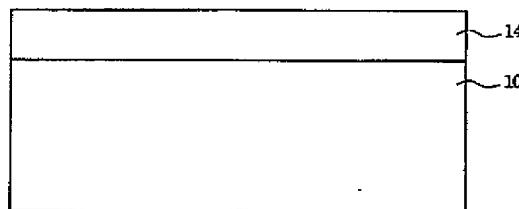
【符号の説明】

3…n型GaAs基板、4…n型(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P下側クラッド層、5…(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P活性層、6…p型(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P上側クラッド層、7…電流拡散層、10…透過性基板(TS)、14…透過性接着層、16…p型オーム接觸エピタキシャル層、18…p型(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P上側クラッド層、20…(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P活性層、22…n型(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P下側クラッド層、24…エッティングトップ層、26…n型GaAs基板、28…p型オーム接觸金属層、30…n型オーム接觸金属層、51…n型GaAs基板、52…n型AlGaAs下側クラッド層、54…p型AlGaAs上側クラッド層、55…シリコーン、56…透過性基板、57…p型オーム接觸金属層、58…n型オーム接觸金属層。

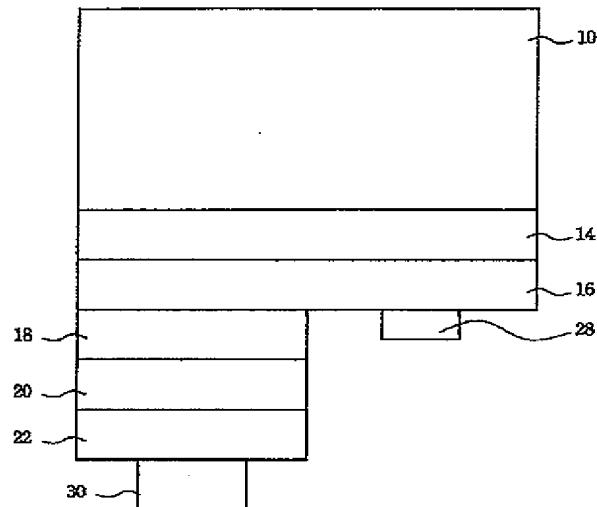
【図1】



【図2】

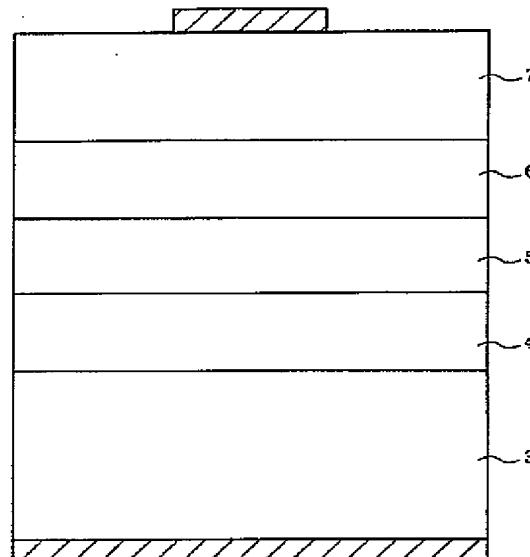


【図3】

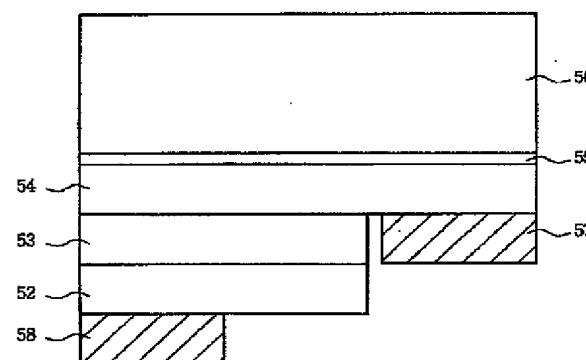
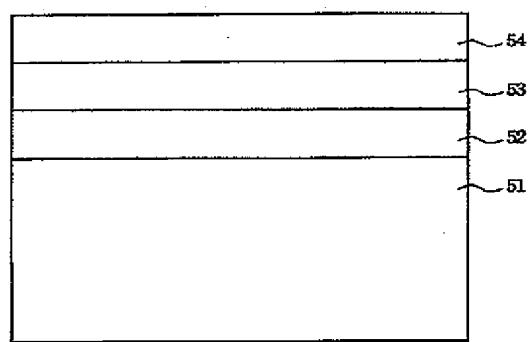


【図5】

【図4】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA04 CA02 CA03 CA04
 CA05 CA13 CA34 CA35 CA37
 CA38 CA42 CA43 CA44 CA77 40
 DA09

【外国語明細書】

1 Title of Invention

LIGHT EMITTING DIODE AND METHOD OF MAKING THE SAME

2 Claims

1. A light emitting diode, comprising:
 - a LED epitaxial structure having a multi-layered AlGaInP epitaxial structure formed on a light-absorbing substrate;
 - a transparent substrate; and
 - a transparent adhesive material for bonding the transparent substrate and the multi-layered AlGaInP epitaxial structure.
2. The light emitting diode according to claim 1, wherein the light-absorbing substrate is GaAs.
3. The light emitting diode according to claim 1, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaInP homostructure.
4. The light emitting diode according to claim 1, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaInP heterostructure.
5. The light emitting diode according to claim 1, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaInP double heterostructure.
6. The light emitting diode according to claim 1, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaInP quantum well.
7. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent

adhesive material is SOG.

8. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent adhesive material is polyimide.

9. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent adhesive material is silicone.

10. The light emitting diode according to claim 1, further comprises the step of removing the light-absorbing substrate after the bonding of the transparent substrate and the LED epitaxial structure.

11. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent substrate is sapphire.

12. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent substrate is glass.

13. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent substrate is GaP or GaAsP.

14. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent substrate is ZnSe, ZnS or ZnSSe.

15. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent

substrate is SiC.

16. The light emitting diode according to claim 1, further comprises a silicon oxide layer formed on the surface of the LED epitaxial structure and the transparent substrate.

17. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent substrate and the multi-layered AlGaInP epitaxial structure are bonded by the following stages: first stage: performing a heating and pressing step in a temperature between 50 °C and 300°C; second stage: performing a heating and pressing step in a temperature between 300°C and 700°C.

18. A method of making a light emitting diode, comprising:

providing a LED epitaxial structure having a multi-layered AlGaAs epitaxial structure formed on a light-absorbing substrate;

providing a transparent substrate; and

using a transparent adhesive material to bond the transparent substrate and the multi-layered AlGaAs epitaxial structure.

19. The method according to claim 18, wherein the light-absorbing substrate is GaAs.

20. The method according to claim 18, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaAs homostructure.

21. The method according to claim 18, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaAs heterostructure.

22. The method according to claim 18, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaAs double heterostructure.

23. The method according to claim 18, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaAs quantum well.

24. The method according to claim 18, wherein the transparent adhesive material is spin on glass (SOG).

25. The method according to claim 18, wherein the transparent adhesive material is polyimide.

26. The method according to claim 18, wherein the transparent adhesive material is silicone.

27. The method according to claim 18, further comprising the step of removing the light-absorbing substrate after the bonding of the transparent substrate and the LED epitaxial structure.

28. The method according to claim 18, wherein the transparent substrate is sapphire.

29. The method according to claim 18, wherein the transparent substrate is glass.
30. The method according to claim 18, wherein the transparent substrate is GaP or GaAsP.
31. The method according to claim 18, wherein the transparent substrate is ZnSe, ZnS or ZnSSe.
32. The method according to claim 18, wherein the transparent substrate is SiC.
33. The method according to claim 18, further comprises the step of forming a silicon oxide layer on the surface of the LED epitaxial structure and the transparent substrate.
34. The method according to claim 18, wherein the step of bonding the transparent substrate and the multi-layered AlGaAs epitaxial structure is performed in the following steps: first stage: performing a heating and pressing step in a temperature between 50°C and 300°C; second stage: performing a heating and pressing step in a temperature between 300°C and 700°C.

3 Detailed Description of Invention

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to structure and method of making a light emitting diode (LED) chip, and more particularly to structure and method of making an AlGaInP LED chip.

BACKGROUND OF THE INVENTION

The conventional AlGaInP LED, as shown in Fig. 4, has a double heterostructure (DH), which is consisted of an n-type $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ lower cladding layer 4 with an Al composition of about 70%~100%, formed on an n-type GaAs substrate 3, an $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ active layer 5, a p-type $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ upper cladding layer 6 with an Al composition of about 70%~100% and a p-type high energy gap GaAsP, InGaP, AlGaP, GaP, or AlGaAs current spreading layer 7. The emitting wavelength of the conventional LED structure can be changed by adjusting composition of the active layer to generate a wavelength changed from 650 nm red to 555 nm pure green. One disadvantage of the conventional LED is that, when the light generated by the active layer is emitted downward to the GaAs substrate, the light will be absorbed by the GaAs substrate since the GaAs substrate has a smaller energy gap. Accordingly, the light-output performance of the LED will be greatly reduced.

There are some conventional LED technologies have been disclosed in order to avoid the absorption of light by the substrate. However, these conventional

technologies still have some disadvantages and limitations. For example, Sugawara et al. disclosed a method, which has been published in Appl. Phys Lett. Vol. 61, 1775-1777 (1992), that adding a distributed bragg reflector (DBR) layer on the GaAs substrate so as to reflect the light emitted downward to the GaAs substrate and to decrease the light absorbed by the GaAs substrate. However, because the DBR layer only reflects the light that is of near normal incidence to the GaAs substrate, so that the efficiency is not very great.

Kish et al. disclosed a wafer-bonded transparent-substrate (TS) ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{GaP}$) light emitting diode [Appl. Phys Lett. Vol. 64, No. 21, 2839 (1994); Very high-efficiency semiconductor wafer-bonded transparent-substrate ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{GaP}$)]. This TS AlGaNp LED was fabricated by growing a very thick (about $50 \mu\text{m}$) p-type GaP window layer using hydride vapor phase epitaxy (HVPE). Before bonding, the n-type GaAs substrate was selectively removed using chemical mechanical polishing and etching techniques. The exposed n-type ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{0.5}\text{P}$) cladding layers are subsequently wafer-bonded to 8-10 mil thick n-type GaP substrate. The resulting TS AlGaNp LED exhibits a two fold improvement in light output compared to absorbing substrate (AS) AlGaNp LED. However, the fabrication process of TS AlGaNp LED is too complicated. Therefore, it is difficult to manufacture these TS AlGaNp LEDs in high yield and low cost.

Huang et al. reported a mirror-substrate (MS) AlGaNp/metal/SiO₂/Si LED fabricated by wafer-fused technology [Appl. Phys Lett. Vol. 75, No. 20, 3054 (1999); AlGaNp light-emitting diodes with mirror substrates fabricated by wafer bonding]. They used the AuBe/Au as the adhesive to bond the Si substrate and LED

epilayers. However, the luminous intensity of these MS AlGaNp LEDs is about 90mcd with 20mA injection current and is still 40% lower than the luminous intensity of TS AlGaNp LED.

SUMMARY OF THE INVENTION

As described above, the conventional LED has many disadvantages. Therefore, the present invention provides a LED structure and method of making the same to solve the conventional disadvantages.

The present invention provides a light emitting diode. A light emitting diode, the light emitting diode comprises a LED epitaxial structure having a multi-layered AlGaNp epitaxial structure formed on a light-absorbing substrate; a transparent substrate; and a layer of transparent adhesive material for bonding the transparent substrate and the multi-layered AlGaNp epitaxial structure. The active layer of the LED can be composed of single heterostructure (SH), double heterostructure (DH), multi quantum wells (MQWs), or quantum wells heterostructure (QWHs). Meanwhile, a first and a second ohmic contact metal layer are connected to a first and a second conductive-type epitaxial layers, respectively. Besides, both the first and second ohmic contact metal layers are located on the same side.

The present invention provides a method for manufacturing a light emitting diode, which comprises the steps of: providing a LED epitaxial structure having a multi-layered AlGaNp epitaxial structure formed on a light-absorbing substrate; providing a transparent substrate; and using a layer of transparent adhesive material, for

example, SOG or silicone, to bond the transparent substrate and the multi-layered AlGaInP epitaxial structure. The light-absorbing substrate is then removed to expose the first conductive-type etching stop layer so that a first ohmic contact metal layer is, for example, formed. The etching step also exposes the second conductive type epitaxial layer to form a second ohmic contact layer. In addition, both the first and second ohmic contact metal layers are located on the same side.

An advantage of the present invention is to provide a simple LED structure, the adhesion process of the LED structure can be performed at lower temperature to avoid the evaporation problem of V group elements. Moreover, by the use of the transparent substrate, the light emitting efficiency of the LED can be significantly improved.

An advantage of the present invention is the simplified process, wherein the low cost glass can be used as the material of the transparent substrate. Accordingly, a throughput with high yield and low cost is achieved.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

The present invention discloses a LED structure and method of making the same and will be described in detail as below.

Referring to Fig. 1, the epitaxial structure of light emitting diode of the present invention is composed of an n-type GaAs substrate 26, an etching stop layer 24, n-type $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ lower cladding layer 22 and $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ active layer 20, p-type $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ upper cladding layer 18, and p-type ohmic contact epitaxial layer 16.

In the above description, the material of the p-type ohmic contact epitaxial layer can be AlGaAs, AlGaInP, or GaAsP, as long as the energy gap of the material is larger than that of the active layer, and no light emitted from the active layer is absorbed.

Moreover, the active layer has an Al composition of about $0 \leq x \leq 0.45$, the lower cladding layer has an Al composition of about $0.5 \leq x \leq 1$, the upper cladding layer has an Al composition of about $0.5 \leq x \leq 1$. If $x=0$, then the composition of the active layer is $Ga_{0.5}In_{0.5}P$, and the wavelength λ_d of the LED is 635 nm.

In the above description, the ratio of the compound such as $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ is

a preferred example, the invention is also applied to any ratio of III-V semiconductor material. In addition, the structure of the AlGaN_P active layer 20 of the invention could be a SH structure, a DH structure, a multiple quantum wells (MQWs) structure, or a quantum wells heterostructure (QWHs). The DH structure comprises the n-type $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ lower cladding layer 22, a $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ active layer 20 and a p-type $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ upper cladding layer 18, as shown in Fig. 1, wherein the preferred thickness of the lower cladding layer 22, the active layer 20 and the upper cladding layer 18 are about 0.5~3.0, 0.5~2.0 and 0.5~3.0 μm , respectively.

The preferred material of the etching stop layer 24 of the invention can be any III-V compound semiconductor material that has a lattice matched/ or mismatched with that of the GaAs substrate 26. The material of the etching stop layer 24 of the invention also has an etching rate much smaller than that of the GaAs substrate 26. For example, InGaP or AlGaAs can be good candidates of the etching stop layer 24. In addition, the n-type AlGaN_P lower cladding layer has an etching rate much smaller than that of the GaAs substrate. Therefore, if the lower cladding layer has enough thickness, an optional epitaxial layer, which is used as an etching stop layer, with different composition is not necessary.

The structure as shown in Fig. 2 comprises a transparent adhesive layer 14, for example, spin on glass (SOG) and a transparent substrate (TS) 10. The material of the adhesive layer 14 is not limited to SOG. Any adhesive material with similar property, such as polyimide or silicone is also applicable to the invention. The transparent substrate can be composed of glass, sapphire wafer, SiC wafer, GaP wafer, GaAsP wafer, ZnSe wafer, ZnS wafer, or ZnSSe wafer. These materials can be chosen as the transparent substrate as long as the light absorbed by the material is

minor. One advantage of the present invention is that the transparent substrate not must be single crystal wafer. The transparent substrate is used for supporting the LED epitaxial layer to avoid this epitaxial layer from breaking, the current does not flow through the transparent substrate. In other words, both the polycrystal and amorphous crystal can be used as the substrate. Accordingly, the manufacture cost is significant decreased.

Thereafter, the epitaxial layer structure of Fig. 1 is bonded together with the transparent substrate of Fig. 2. The adhesion can be performed in a temperature, for example, 400°C, with pressure and heat, according to the method of the invention. A silicon oxide layer can be formed on the surface of the LED epitaxial and transparent substrate surface by, for example, deposition, evaporation, or sputtering, to improve the adhesion property between the LED epitaxial structure and the transparent substrate. After that, a SOG layer is coated, then a temperature, for example, 400°C, and a pressure are applied for a period to the complete the adhesion between the epitaxial structure and the transparent substrate. In order to provide better adhesion, the LED epitaxial structure and the transparent substrate bonded by the SOG layer, can be heated at a lower temperature, for example, 50 °C to 300 °C, to remove the organic solvent in the SOG layer, and then the temperature is raised to a range between 300°C and 700°C so that the bonding strength of the LED epitaxial structure, the transparent substrate, and the SOG layer is excellent. Thereafter, the opaque n-type GaAs substrate is then removed by etchant, for example, 5H₃PO₄:3H₂O₂:3H₂O or 1NH₄OH:3SH₂O₂. However, the etching stop layer, InGaP or AlGaAs, still absorbs the light emitted from the active layer. Therefore, it is necessary to remove the etching stop layer and only remains a portion of this etching stop layer contacted

with the n-type ohmic contact metal layer. A dry etching method, for example, RIE, is then applied to remove portions of the n-type AlGaInP lower cladding layer, AlGaInP active layer and p-type AlGaInP upper cladding layer to further expose the p-type ohmic contact epitaxial layer. A p-type ohmic contact metal layer 28 is then formed on the p-type ohmic contact epitaxial layer 16. A n-type ohmic contact metal layer 30 is thereafter formed on the n-type AlGaInP lower cladding layer 22 to form a LED structure with p-type and n-type ohmic contact metal layers formed on the same side, as shown in FIG. 3.

The light output power of the AlGaInP LED with wavelength 635 nm of the present invention is more than 4mw (at 20mA injection current) and is two times higher than the light output power of the conventional absorbing substrate AlGaInP LED.

The present invention is not limited to the AlGaInP LED having high brightness, and is also suitable for other LED materials, for example, red and infrared-red AlGaAs LED. The epitaxial structure shown on FIG. 5 is a cross sectional view of the second embodiment of the present invention. The AlGaAs red LED (650nm) includes a stacked structure of n-type GaAs substrate 51, n-type AlGaAs lower cladding layer 52 with Al composition of about 70~80% and thickness of 0.5μm~2μm, and a p-type AlGaAs upper cladding layer 54 with Al composition of about 70~80% and thickness of 0.5μm~2μm. The AlGaAs red LED structure is then bonded to a transparent substrate 56, for example, sapphire, by silicone 55. The epitaxial structure is then etched by an etchant, such as NH₄OH:H₂O₂=1.7:1 to remove the opaque n-type GaAs substrate. Thereafter, a wet etching or a dry etching is applied to remove portions of

the n-type AlGaAs lower cladding layer and AlGaAs active layer and to further expose the p-type AlGaAs upper cladding layer. A p-type ohmic contact metal layer 57 is then formed on the p-type AlGaAs upper cladding layer 54. A n-type ohmic contact metal layer 58 is then formed on the n-type AlGaAs lower cladding layer 52 to form a LED structure with p type and n-type ohmic contact metal layers formed on the same side.

The light output power of the present invention AlGaAs LED is two times higher than the light output power of the conventional absorbing substrate AlGaAs LED. The AlGaAs LED of the present invention has a wavelength 650 nm, but is not limited thereto.

The LED is composed of transparent substrate, and both the p-type and n-type ohmic metal layer are formed on the same side of the transparent substrate, therefore a flip chip package method can be applied and the conventional wire bonding method is not necessary anymore. Therefore, the LED formed by the method of the present invention has a better reliability. Furthermore, no light is absorbed by the transparent substrate, therefore the brightness of the LED is improved. In addition, the transparent substrate can be composed of sapphire, glass or SiC with high hardness, therefore the thickness of the substrate can be down to 100 micrometers without breaking so that a LED structure with thin thickness and small size is manufactured.

While the preferred embodiment of the invention has been illustrated and described, it will be appreciated that various changes can be made therein without departing from the spirit and scope of the invention.

4 Brief Description of Drawings

FIGs. 1-3 are schematic, cross-sectional views of the process for manufacturing a light emitting diode in a preferred embodiment according to the present invention;

FIG. 4 is a schematic, cross-sectional view of structure of conventional light emitting diode;

FIGs. 5-6 are schematic, cross-sectional views of structures of light emitting diode of the present invention.

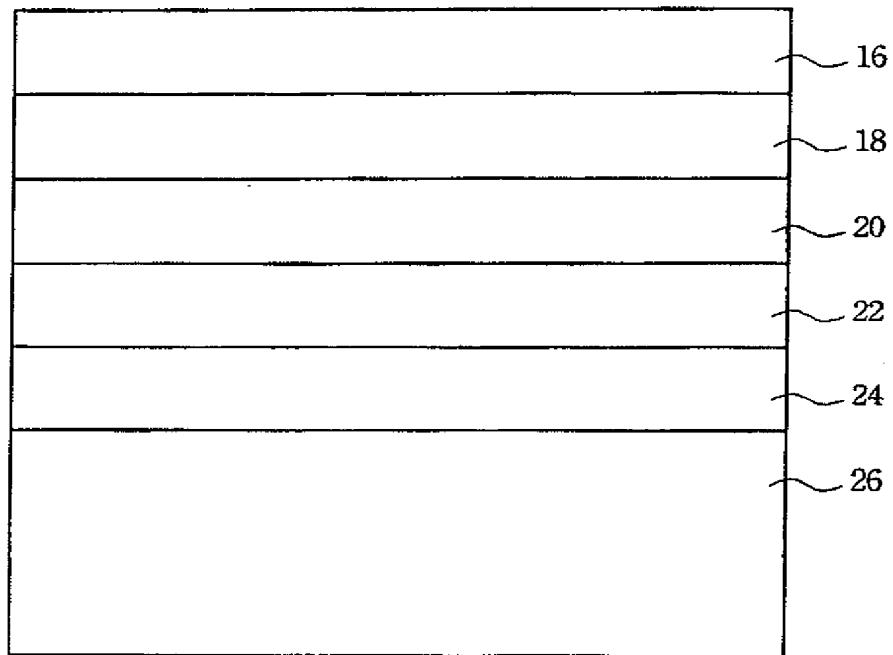


FIG. 1

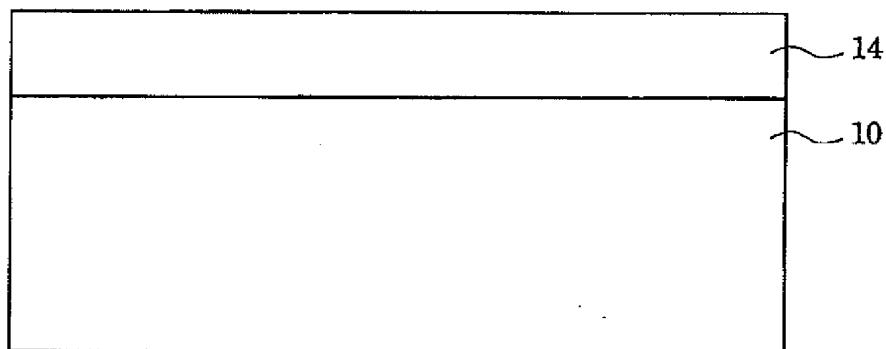


FIG. 2

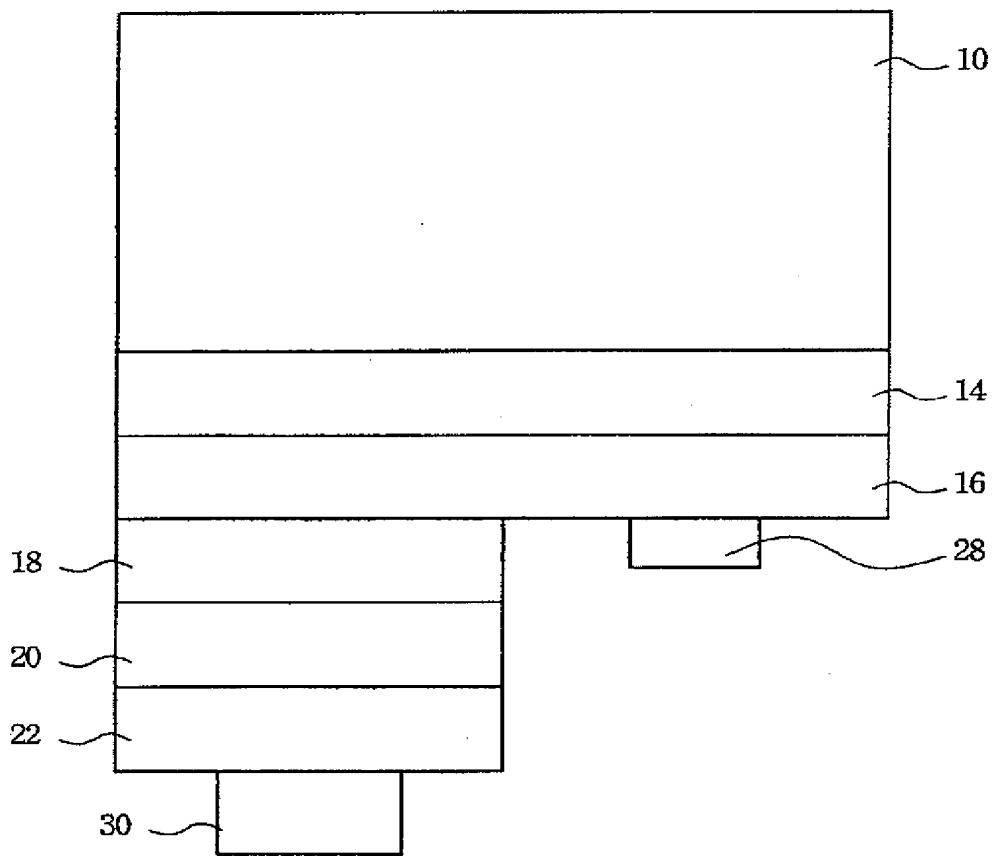


FIG. 3

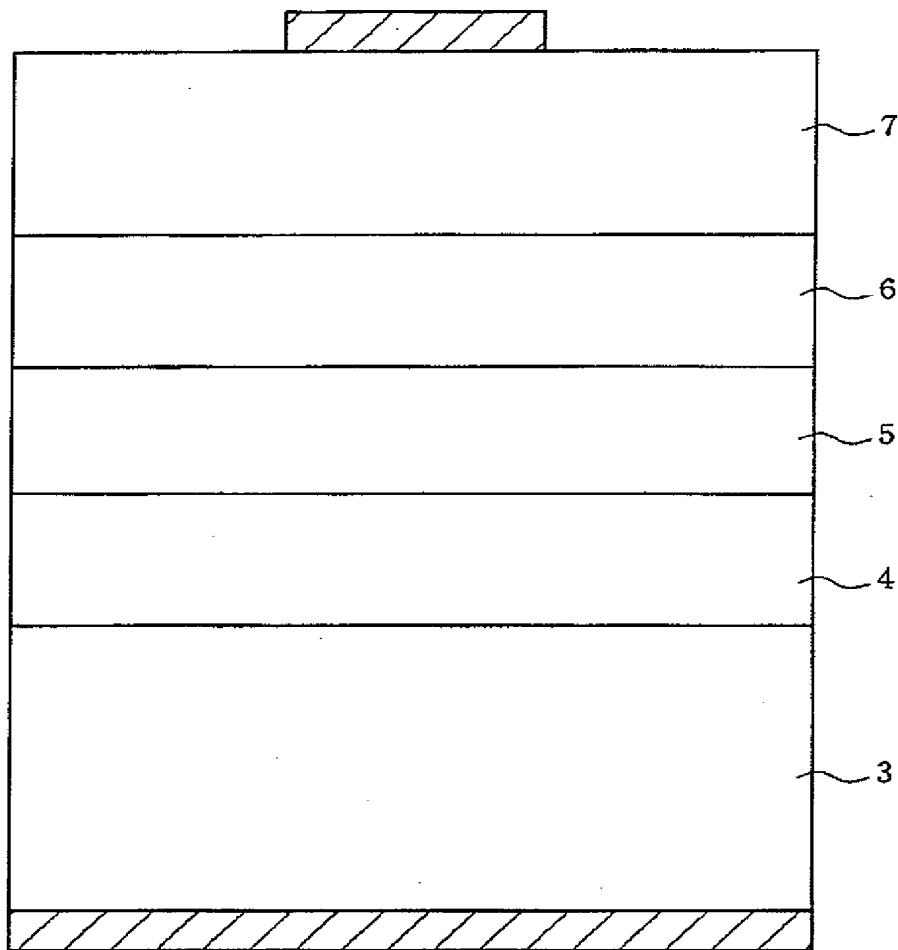


FIG. 4

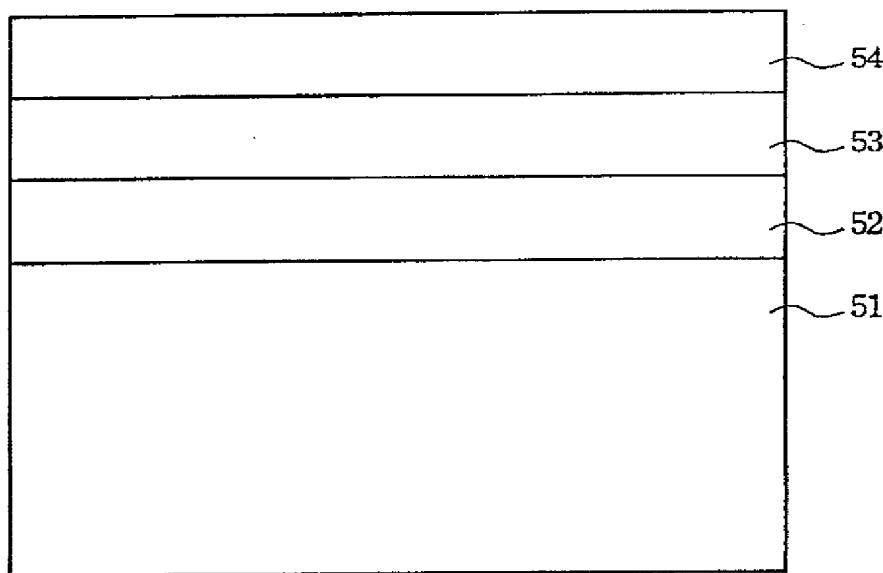


FIG. 5

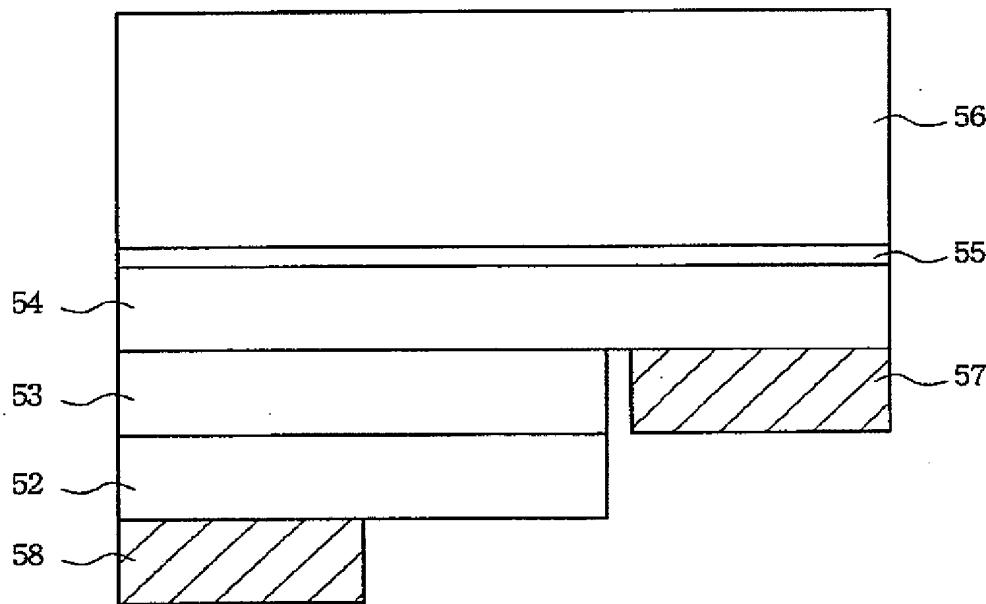


FIG. 6

1 Abstract

A light emitting diode (LED) and method of making the same are disclosed. The present invention uses a layer of transparent adhesive material to bond a transparent substrate and a LED epitaxial structure having a light-absorbing substrate. The light absorbing substrate is then removed to form a LED having a transparent substrate. By the use of the transparent substrate, the light emitting efficiency of the LED can be significantly improved.

2 Representative Drawing Fig. 3